中波发射机天调网络的组成与设计原则

摘　要：中波发射机天馈线匹配网络在整个发射系统中起着至关重要的作用。由于目前发射台普遍采用了新型数字调制发射机，保护功能比较完善，对输出匹配网络的要求比较高，天调网络出问题，轻者影响发射机的工作稳定，严重的造成停播事故，甚至损坏发射机主要器件。另一方面，由于近年来土地资源的日趋紧张，中波发射台大多采用双频或多频共塔技术设计匹配网络，频率间相互干扰，匹配网络的设计存在着较大的难度。本文结合笔者多年工作实践，对天调网络的组成结构和工作原理进行论述，并详细介绍匹配网络的设计原则，希望能为同行提供工作借鉴。

关键词：天馈线匹配网络；共塔技术；设计原则
中图分类号：TN838　　文献标识码：A
文章编号：1671-0134（2018）11-061-02　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2018.11.012

文 / 徐文渝

1. 中波天调网络的结构组成

1.1 预调网络

我们知道，无论哪一种中波发射天线，对于不同的工作频率，其输入阻抗是不同的，如果在天线馈点上的阻抗差异太大，会给共塔网络的设计带来困难，因此，必须在两个或多个共塔频率的馈点上加装平衡网络——预调网络，预调网不仅能够平衡馈点上各频率的阻抗，还能起到防雷和减少功率损耗的作用，因此也就减小了网络设计难度。图 1 中 L0、C0 是两个预调网络元件。

1.2 匹配网络

如果抛开双频或多频共塔和其他频率的干扰因素，发射机馈线与天线之间只需一个阻抗匹配原则上就可以发射了，这个最基本的网络就是匹配网络，其主要作用是实现馈管特性阻抗 Z 与天线输入阻抗 R+jX 之间的匹配，另外还起到降低反射、减少驻波的作用。匹配网络应具有良好的通带特性。中波发射匹配网络都是由电感与电容（真空电容）组成，匹配网络有 T 型、π 型、Γ 型和倒 Γ 型几种组成形式。图 1 分别是几种匹配网络组成形式原理图。

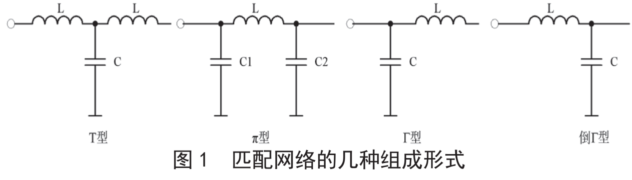


图 1　匹配网络的几种组成形式

1.3 阻塞网络

上面提到的是无任何干扰频率情况下的匹配网络，也可以说是理想状态下的匹配网络，由于土地资源和其他方面的原因，一个发射台往往同时发射多个频率，存在着双频共塔或多频共塔的情况，频率与频率之间相互干扰严重，特别是共塔频率会存在严重的高频倒送干扰，为了消除共塔频率的相互影响，必须增加一个或多个抑制网络——阻塞网络。阻塞网络的主要作用是抑制共塔频率的相互影响，最大限度地阻止共塔频率对本频的影响。图 2 是三种常见的阻塞网络组成形式原理图。

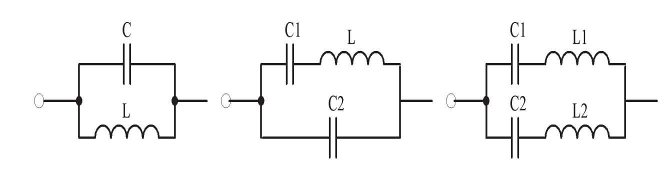


图 2　阻塞网络的几种组成形式

1.4 吸收网络

阻塞网络可以阻止共塔频率对本频率的干扰，对于本台其他频率的干扰应该怎么处理呢？如果再增加阻塞网络，会使得整个网络臃肿庞大，同时也增加了网络设计的难度。由于本台其他天线发射频率相比较共塔频率的干扰要小得多，我们可以采取被动吸收网络（也称陷波）的方式来消除，根据干扰的强度大小，采用不同的吸收方式。图 3 是四种不同吸收网络组成形式原理图。

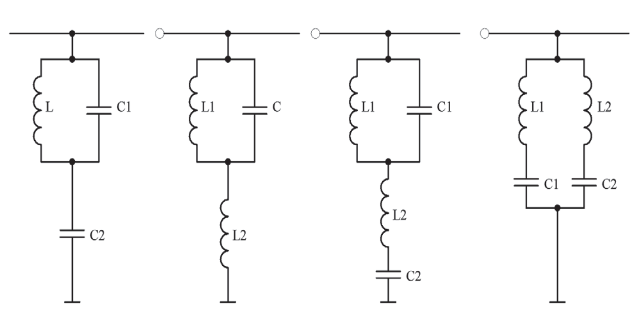


图 3　四种不同的吸收网络原理图

1.5 避雷系统

发射台的发射天线基本都在 60 米以上，在当地也算

是最高的建筑了，天线即作为发射体，也是最好的引雷体，因此遭受雷击的几率比较高，特别是雷电高发区，经常遇到雷电损坏匹配网络和发射机部件的事故，因此，在天馈线匹配网络中一定要增加避雷装置，确保发射系统的安全。图 4 是三种防雷网络原理图。

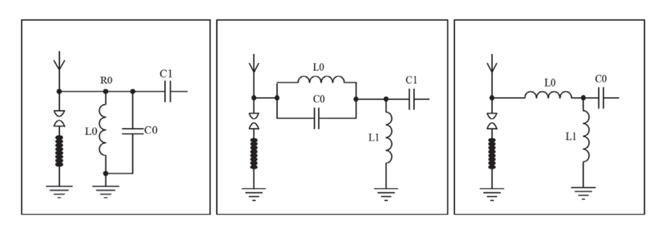


图 4　三种防雷网络原理图

2. 天调网络的设计原则

2.1 匹配、阻塞、吸收网络的设计

在设计匹配网络之前，根据频率间隔和功率大小，做好设计规划工作，共塔频率之间的频率比原理上不得小于 1.1，实际上最好不要小于 1.5，否则很难做到理想的匹配网络。一个理想的天调网路应具备稳定性和可靠性，匹配状态良好，驻波比小于 1.1，带宽足够大。

阻塞网络的设计形式和数量应根据具体情况而定，阻塞网络中的电感、电容的选用与阻塞频率大小和频率的间隔有关，间隔越小，功率损耗就越大，对电感电容的耐压、功率要求就越大。常用的阻塞网络有先串联后并联网络和串联回路的并联谐振网络，整个阻塞网络最终的谐振点应与被阻塞的频率一致。

至于吸收网络，设计的原则是：干扰频率小于主频率时，先并联谐振然后再串联电容；干扰频率大于主频率时，先并联谐振然后再串联电感。其目的是对于主频率呈现高阻抗，对于干扰频率呈现低阻抗或直通状态，确保主频率顺利通过，又能最大程度的让干扰频率导入到地端。

2.2 防雷网络的设计

在天馈线匹配网络中，防雷的方式有好几种，第一种方式是增加微亨级电感和隔直流电容。由于电感具有通低频阻高频的特性，可以将一部分低频雷电能量直接泄放掉；而电容具有通高频阻低频的特性，可以隔离一部分低频雷电能，从而达到保护发射机端免受雷击的目的。第二种防雷方式是加装石墨放装置，放电间隙按照 1mm 间距 1kV 的标准进行设定。第三种防雷方式是设计如图 5 所示的防雷网络，防雷网络是把阻塞网络、匹配网络、天线阻抗转换网络融为一体设计的，这样做可以简化整个网络系统得设计。

3. 匹配网络设计安装注意事项

3.1 元件的选择

天馈线匹配网络工作在恶劣环境中，季节交替温差比较大，在高温高压下工作，功率大容易遭受雷击，因此，应尽量使用电气特性好、耐压高的器件，元件留有足够的冗余量。在电压比较高的节点上，采用多只电容串联、并联相结合的方式，如果空间允许，电感的直径越大越好。这样做能保证整个网络的稳定性。

3.2 安装注意事项

由于元件生产厂家和批次不同，质量参差不齐，为了避免元件问题影响整个网络，在安装之前，最好对元件特别是电容进行耐压测试，符合要求后才能使用；匹配网络中的绝缘部件一定要安装牢靠，避免因接触不良而出现打火、放电等情况发生，电感与电感之间应垂直摆放，避免磁耦合效应产生。

3.3 通风散热问题

天馈线匹配网络工作时会散发很大的热量，特别是在夏季，如果天调室散热不好，温度可升到 60 度以上，高温会引起网络阻抗变化，发射机驻波增大，工作不稳定。因此，应采取通风降温措施，保证网络的稳定性。天调室的散热方式有自然通风、风机散热和地道负压抽风几种方式。

结语

性能稳定的发射机是安全播出的根本保证，但我们不能只重视发射机维护，而忽略了天馈线匹配网络，设计良好的天馈线匹配网络与发射机同等重要，我们要像维护发射机一样勤于维护天调网络，提高发射质量，确保安全播出不出问题。媒

参考文献

[1] 庄涛 . 中波广播发射台理论基础与实践技术手册 . 光明日报出版社，2014（12）.

[2] 潘胜伟 . 中波天线匹配网络宽带化探讨 . 广播与电视技术，2013（12）.

（作者单位：河南省潢川中波转播台）